

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

SERVICE  
de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

## BREVET D'INVENTION

P.V. n° 55.979

Classification internationale :

N° 1.481.142

C.21 c

Procédé de fusion de produits métalliques.

INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDÉRURGIE FRANÇAISE (I R S I D) résidant en France (Yvelines).

Demandé le 1<sup>er</sup> avril 1966, à 13<sup>h</sup> 36<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré par arrêté du 10 avril 1967.

*(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 20 du 19 mai 1967.)**(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)*

La présente invention, due à Messieurs J. Antoine, B. Thomé et J. Dumont-Fillon dans le cadre des travaux qui leur ont été confiés par le demandeur, concerne un procédé de fusion de produits métalliques au four électrique à arc.

Au début de la fusion classique d'un métal, et plus particulièrement de ferrailles, au four électrique à électrodes, lorsque l'arc jaillit très près de la voûte du four et risque de détériorer les réfractaires, il est pratiquement nécessaire de commencer la fusion sous une faible tension d'alimentation.

Pour la même raison une diminution de tension est indiquée vers la fin de fusion lorsque les ferrailles sont à peu près fondus, afin de limiter le rayonnement de l'arc sur les réfractaires de la voûte et les parois qui risquent d'être détériorées. Or ces réductions de tension correspondent à des réductions de puissance qui diminuent la productivité du four. A ces réductions de puissance obligatoires s'ajoutent des arrêts d'alimentation électrique du four pendant certaines manœuvres telles que le chargement des matières, la rotation du four pour faciliter la fusion des ferrailles, etc.

Enfin, pendant les périodes de fusion où l'on a besoin de la pleine puissance, l'arc est instable et les variations brutales d'intensité qui en résultent font que la puissance effective appliquée aux électrodes n'atteint que lentement sa valeur maximale.

En conséquence, dans le procédé classique de fusion, le transformateur du four n'est utilisé que partiellement à la fois en temps et en puissance.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients.

A cet effet, la présente invention a pour objet un procédé de fusion de produits ferreux dans un four à arc dans lequel on fait jaillir au moins un arc électrique entre des électrodes et un bain métallique liquide, procédé caractérisé en ce que l'on forme un bain de métal liquide dans lequel on

introduit continuellement des produits ferreux afin de former et de maintenir à proximité de l'arc un tas de produits solides que l'on renouvelle constamment au fur et à mesure de la fusion desdits produits au moyen dudit arc et en ce que l'on mesure la température du métal liquide et l'on procède, d'après la température mesurée, à des additions de carbone dans le métal liquide afin de maintenir la température et la teneur en carbone dudit métal liquide entre deux limites choisies.

On sait que dans la fusion au four électrique à arc dit « direct » on produit un arc entre les électrodes du four (en général trois) et le bain liquide formé, cet arc fournissant la chaleur nécessaire à la fusion des produits enflammés.

Selon l'invention, le bain liquide est formé par la fusion de produits ferreux (boulettes préréduites, ferrailles, poudre de fer, etc.) introduits continuellement entre les électrodes du four de manière que ces produits forment dans le bain de métal liquide un tas de solides permanent, constamment renouvelé, malgré la fusion continue des produits.

En formant continuellement au voisinage des électrodes un tas de solides dépassant hors du bain liquide l'arc entre ce bain et l'électrode est particulièrement stable; son rayonnement est d'autre part absorbé par les matières solides et l'on peut ainsi utiliser de fortes tensions et les puissances maximales correspondantes, ce qui constitue un des avantages de l'invention.

Un autre avantage réside dans le fait que l'on charge le four en continu ce qui élimine tous les temps morts que l'on rencontre dans les procédés classiques de fusion au four électrique.

Un autre avantage est que les garnissages de la voûte et des parois sont protégés par le rideau des produits solides entourant constamment les électrodes; les réfractaires ne subissent de ce fait aucune

surchauffe par rayonnement qui est la cause principale des détériorations du garnissage.

Bien que la fusion soit conduite en présence d'un bain liquide, les pertes thermiques par le rayonnement du bain restent limitées car sa température est relativement peu élevée grâce à la présence constante des produits solides.

On sait que la température dite « de liquidus » d'un métal ferreux fondu, c'est-à-dire la température d'équilibre entre la phase solide et la phase liquide dans le bain, est une fonction décroissante de la teneur en carbone du métal liquide; autrement dit, si la teneur en carbone du métal augmente sa température de liquidus diminue et inversement.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on maintient la température et la teneur en carbone du métal liquide entre deux limites choisies. A cet effet on mesure la température du métal liquide et on procède à des additions de carbone afin que la température et la teneur en carbone du métal liquide restent constamment comprises entre une limite supérieure et une limite inférieure. Ainsi le contrôle de la teneur en carbone du bain est réalisée par la seule mesure continue ou non de la température du métal liquide.

Les produits enfournés peuvent avoir une teneur en carbone très basse à laquelle correspond une température de fusion élevée. Il est alors intéressant d'augmenter systématiquement la teneur en carbone du métal liquide et d'abaisser corrélativement la température de ce métal par l'injection continue ou non de carbone.

Il est en effet reconnu que la teneur en carbone à la fusion doit être telle que le bain puisse ultérieurement subir un affinage normal et une décarburation de l'ordre de 0,20 % à 0,30 %. Pour une teneur en carbone à la fin de l'affinage de l'ordre à 0,10 à 0,20 %, une teneur en carbone préférée pendant la fusion peut être de 0,40 à 0,50 %, mais bien entendu cette teneur n'est en aucune façon limitative.

Une grande variété de produits conviennent pour les additions de carbone dans le bain liquide. On peut citer de façon nullement limitative les débris d'électrodes de graphite, le coke de houille, le coke de pétrole, la fonte, etc. Ces introductions peuvent se faire soit de façon intermittente, soit de façon continue, par insufflation de poussier au moyen d'une lance ou par addition de morceaux plus compacts.

Les produits fondus peuvent ensuite être affinés dans le four même de fusion ou être évacués dans un deuxième four pour y subir un affinage ou tout autre traitement. Ces traitements ultérieurs ne font plus partie de l'invention.

L'invention sera mieux comprise et ces avantages apparaîtront mieux à la lecture de l'exemple nul-

lement limitatif de mise en œuvre à la lecture de l'exemple nullement limitatif de mise en œuvre décrit ci-dessous. On se référera pour cela à la figure unique du dessin annexé sur lequel on a représenté un schéma simplifié d'un four dans lequel on fond continuellement des boulettes prééduites par le procédé selon l'invention.

On a représenté en 1 un four à arc à électrodes de graphite 2a et 2b (une troisième électrode existante n'est pas visible sur le dessin). Des guides supportants 3a, 3b (et un 3<sup>e</sup> guide support non visible) maintiennent les électrodes à une distance réglable au-dessus d'un bain liquide 4 comportant une couche de laitier 4a et une couche de métal fondu 4b. Les guides supports relient les électrodes à une alimentation en courant électrique par l'intermédiaire d'un transformateur, l'alimentation et le transformateur sont classiques et ne sont pas représentés afin de ne pas surcharger le dessin.

Le bain liquide peut être alimenté en boulettes de fer prééduites introduites en continu à travers une ouverture 5 pratiquée dans la voûte 6 du four 1. Les boulettes provenant d'une trémie 7 munie d'une vis distributrice 8 forment alors un tas permanent 9 entre les trois électrodes du four.

A travers une ouverture 10 on peut introduire une lance 11 permettant l'injection dans le bain 4 de produits carbonés tels que du poussier de coke.

Une canne pyrométrique 12 également introduite par l'ouverture 10 permet la mesure de la température du métal liquide.

On va maintenant décrire une opération de fusion selon l'invention.

Dans le four 1 d'une capacité de 30 tonnes on a conservé à la fin d'une opération précédente de fusion un bain liquide de 1,5 tonnes. On alimente continuellement ce bain avec des boulettes de fer prééduites introduites par l'ouverture 5 pratiquée dans la voûte du four. L'analyse des boulettes est la suivante :

Fe = 91,7 % FeO = 1,5 % C = 0,15 % Gangue = 6,5 %

Les boulettes sont introduites entre les trois électrodes en graphite du four où elles forment un tas 9 de solides constamment renouvelé, si bien que les arcs jaillissant entre les électrodes et le bain liquide ont creusé des puits dans le tas de solides. Grâce à la présence continue de ce tas, on peut constamment appliquer une puissance électrique maximale de 7 900 kW sous une tension de 220 volts pour un débit de boulettes de 15 tonnes/h.

On a mesuré au début de l'opération, pendant la formation du bain liquide 4, la température de ce bain en présence des boulettes solides; cette température prise au moyen de la canne pyrométrique 12 munie d'un thermocouple en platine-platine rhodié a été enregistrée et a atteint 1 530 °C pour une

teneur en carbone de 0,10 %. On désire augmenter la teneur en carbone du bain de façon que celle-ci soit comprise entre 0,40 et 0,50 %; des essais antérieurs ont montré que cette teneur correspondait à une température de liquidus comprise entre 1 495 °C et 1 505 °C.

Pour arriver à ce résultat on ajoute au bain liquide 150 kg/h de poussier de coke pulvérulent dont une partie sert à réduire le FeO contenu dans le bain. Le coke est introduit par insufflation à travers la lance 11 immergée dans le métal; le gaz porteur est de l'air; la lance pénètre dans le four 1 par l'ouverture 10.

On contrôle la température du métal liquide toutes les 15 minutes. Si malgré l'introduction de carbone cette température sort des limites fixées (1 425-1 505 °C) on modifie l'insufflation de coke en augmentant le débit de coke horaire de 10 kg pour un dépassement de 5 °C de la limite supérieure de température et en diminuant le débit de coke de 10 kg/h lorsque la température du métal liquide s'abaisse de 5 °C sous la limite inférieure. Au bout de 1 h 45 de marche le four 1 est plein. On arrête alors l'introduction des boulettes, on termine la fusion du tas de boulettes et on surchauffe le bain de 40 degrés Celsius, afin de permettre sa coulée. On évacue dans un deuxième four, afin de poursuivre le traitement, 26 tonnes de métal fondu en basculant le four 1 par des moyens connus non représentés sur la figure et l'on conserve dans le four 1 un bain de 1,5 tonnes de métal liquide pour une nouvelle opération.

Il est bien entendu que l'exemple qui vient d'être

décrit n'est nullement limitatif et que l'on pourrait imaginer bien des variantes ou modifications de détails sans sortir du cadre de la présente invention.

#### RÉSUMÉ

L'invention a pour objet un procédé de fusion de produits ferreux dans un four à arc dans lequel on fait jaillir au moins un arc électrique entre des électrodes et un bain métallique liquide, procédé caractérisé en ce que l'on forme un bain de métal liquide dans lequel on introduit continuellement des produits ferreux afin de former et de maintenir à proximité de l'arc un tas de produits solides que l'on renouvelle constamment au fur et à mesure de la fusion desdits produits au moyen dudit arc et en ce que l'on mesure la température du métal liquide et l'on procède, d'après la température mesurée, à des additions de carbone dans le métal liquide afin de maintenir la température et la teneur en carbone dudit métal liquide entre deux limites choisies.

Selon une autre caractéristique que peut également présenter l'invention, en combinaison avec les précédentes, dans le cas d'un four à 3 électrodes disposées en triangle, on introduit les produits ferreux solides entre les électrodes afin de former et de maintenir un tas de produits solides entre les arcs.

INSTITUT DE RECHERCHES  
DE LA SIDÉRURGIE FRANÇAISE (IRSID)  
Saint-Germain-en-Laye (Yvelines)

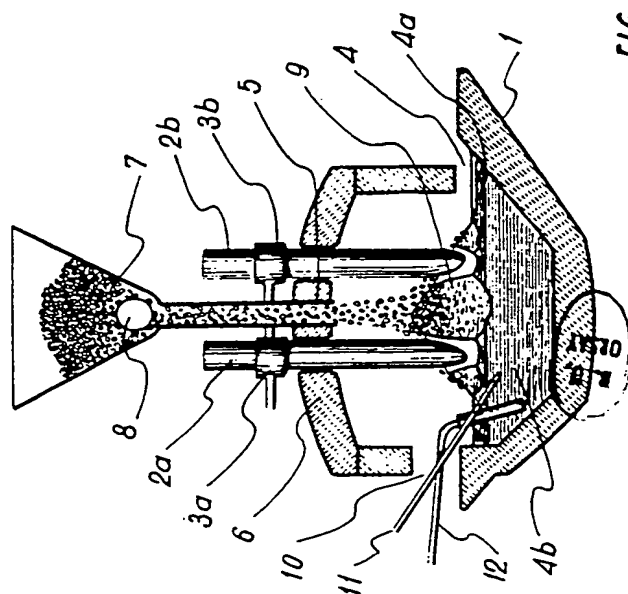


FIG. UNIQUE.